

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

14. 3. 2005

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2004年 3月11日
Date of Application:

出願番号 特願2004-069440
Application Number:

パリ条約による外国への出願
に用いる優先権の主張の基礎
となる出願の国コードと出願
番号

The country code and number
of your priority application,
to be used for filing abroad
under the Paris Convention, is

JP2004-069440

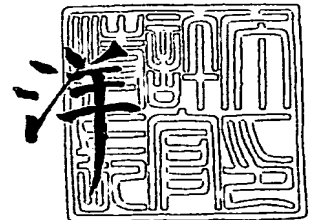
出願人
Applicant(s):

松下電器産業株式会社

2005年 4月20日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小川



BEST AVAILABLE COPY

出証番号 出証特2005-3036073

【書類名】 特許願
【整理番号】 2047960065
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 H04J 15/00
H04J 11/00

【発明者】
【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内
【氏名】 白方 亨宗

【発明者】
【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内
【氏名】 原田 泰男

【発明者】
【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内
【氏名】 田中 宏一郎

【発明者】
【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内
【氏名】 木村 知弘

【発明者】
【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内
【氏名】 細川 修也

【発明者】
【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内
【氏名】 浦部 嘉夫

【特許出願人】
【識別番号】 000005821
【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】
【識別番号】 100098291
【弁理士】
【氏名又は名称】 小笠原 史朗

【手数料の表示】
【予納台帳番号】 035367
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】
【物件名】 特許請求の範囲 1
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1
【包括委任状番号】 9405386

【書類名】特許請求の範囲

【請求項 1】

複数の送信アンテナと複数の受信アンテナを用いて複数の空間パスを介して多入力多出力伝送を行う MIMO チャンネル伝送の周波数誤差補正方法であって、

互いに直交する複数のサブキャリアからなるシンボルのうち、所定周波数間隔の複数のサブキャリアに所定の振幅と位相を割り当てたシンボルを同期シンボルとし、前記同期シンボルの複数のサブキャリアを N 個の互いに異なる所定のサブキャリア郡に分割し、前記サブキャリア郡からなる N 個のシンボルを同期サブシンボルとし、 N 個の送信アンテナから同時に送信するとき、送信アンテナ n (n は 1 以上 N 以下の整数) から前記同期サブシンボル n を送信するステップと、

受信アンテナ m (m は 1 以上 M 以下の整数) で受信した信号と N 個の前記同期サブシンボルとの相関をそれぞれ求めるステップと、

前記 N 個の相関を重み付け平均して受信アンテナ m の搬送波周波数誤差を推定するステップと、

前記受信アンテナ m の搬送波周波数誤差に基づいて、受信アンテナ m で受信した信号の周波数誤差を補正するステップとを、

少なくとも含むことを特徴とする周波数誤差補正方法。

【請求項 2】

複数の送信アンテナと複数の受信アンテナを用いて複数の空間パスを介して多入力多出力伝送を行う MIMO チャンネル伝送の送受信装置であって、

それぞれ異なるデータ系列を変調する N 個のデータ変調手段と、

N 個の互いに異なる所定サブキャリア郡からなる同期サブシンボルを発生する同期シンボル発生手段と、

前記データ変調手段の出力と前記同期シンボル発生手段の出力を多重化する N 個の多重化手段と、

送信用局部発振手段と、

前記各多重化手段の出力を前記送信用局部発振手段の出力に基づいて周波数変換する N 個の送信用周波数変換手段と、

前記各周波数変換手段の出力を送信する N 個の送信アンテナとを、

少なくとも備える送信装置と、

M 個の受信アンテナと、

受信用局部発振手段と、

前記各受信アンテナで受信した信号を前記受信用局部発振手段の出力に基づいて周波数変換する M 個の受信用周波数変換手段と、

前記各受信用周波数変換手段の出力と前記 N 個の同期サブシンボルとの相関をそれぞれ求める複数の相関手段と、

前記各受信用周波数変換手段の出力ごとに前記 N 個の相関手段の出力を重み付け平均する M 個の平均化手段と、

前記各平均化手段の出力に基づいて、前記各受信用周波数変換手段の出力の周波数を補正する M 個の周波数補正手段と、

前記各周波数補正手段の出力に基づいて、伝搬係数の逆関数を推定し、前記各送信アンテナの送信信号を分離する伝搬逆関数推定手段と、

前記伝搬逆関数推定手段の出力に基づいて、前記各送信アンテナから送信されたそれぞれ異なるデータ系列を復調する N 個のデータ復調手段とを、

少なくとも備える受信装置であって、

前記送信装置は、

互いに直交する複数のサブキャリアからなるシンボルのうち所定周波数間隔の複数のサブキャリアに所定の振幅と位相を割り当てたシンボルを同期シンボルとし、前記同期シンボルの複数のサブキャリアを N 個の互いに異なる所定のサブキャリア郡に分割し、前記サブキャリア郡からなる N 個のシンボルを前記同期サブシンボルとして、前記各送信アンテナ

ナから異なる前記各同期シンボルを同時に送信し、

前記受信装置は、

同時に送信された前記各同期シンボルを前記各受信アンテナで受信し、前記各受信アンテナで受信した信号と前記N個の同期シンボルとのそれぞれの相関を求めて前記各空間パス毎の搬送波周波数誤差を推定し、重み付け平均して前記各受信アンテナの搬送波周波数誤差を補正することを特徴とする

送受信装置。

【請求項 3】

前記送信用局部発振器を複数備えることを特徴とする請求項 2 記載の送受信装置。

【請求項 4】

前記受信用局部発振器を複数備えることを特徴とする請求項 2 記載の送受信装置。

【請求項 5】

前記複数の相関手段が出力する複数の相関値のピークタイミングを重み付け平均したものに基づいて受信シンボルタイミングを発生することを特徴とする請求項 2 記載の送受信装置。

【請求項 6】

前記各受信用周波数変換手段の出力と前記同期シンボルとの相関をそれぞれもとめる複数の第 2 の相関手段と、

前記各第 2 の相関手段の出力を重み付け平均する第 2 の平均化手段と、

前記第 2 の平均化手段の出力に基づいて、前記各受信用周波数変換手段の出力の周波数を補正するM個の第 2 の周波数補正手段とをさらに備え、

前記各第 2 の周波数補正手段の出力と前記N個の同期サブシンボルとのそれぞれの相関を求めて前記各空間パス毎の搬送波周波数誤差を推定し、重み付け平均して前記各受信アンテナの搬送波周波数誤差を補正することを特徴とする

請求項 2 記載の送受信装置。

【請求項 7】

前記各相関手段の出力に基づいて前記各空間パスの粗い周波数特性を推定する複数の伝搬係数粗推定手段とをさらに備え、

前記各相関手段が出力する前記各サブキャリア群毎に複数のサブキャリアの位相と振幅をそれぞれ周波数方向に補間して前記各空間パスの粗い周波数特性を推定することを特徴とする

請求項 2 記載の送受信装置。

【請求項 8】

L 個の受信アンテナと、

前記L個の受信アンテナと前記M個の受信アンテナのそれぞれの受信レベルを判定する受信レベル判定手段と、

前記受信レベル判定手段の出力に基づいて、前記 (L + M) 個の受信アンテナの受信信号からM個の受信信号を選択または合成する選択合成手段とをさらに備える

請求項 2 記載の送受信装置。

【書類名】明細書

【発明の名称】周波数誤差補正方法および送受信装置

【技術分野】

【0001】

本発明は、複数の送信アンテナと複数の受信アンテナを用いてMIMO (Multi Input Multi Output)チャネルを構成し、送受信間で空間分割により複数のパスを介して多重通信を行う無線送受信装置において、搬送波周波数誤差の補正方法とそれを用いた送受信装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年、広帯域移動体通信の伝送方法においてMIMO-OFDM (Multi Input Multi Output Orthogonal Frequency Division Multiplexing)変調方式が注目されている。無線LANなどでは、移動体通信におけるマルチパス環境下において生じる周波数選択性フェージングに強い変調方式として、マルチキャリア伝送の一種であるOFDM方式が採用されている。

【0003】

さらに、周波数利用効率の向上を目指し、複数の送信アンテナと複数の受信アンテナを用いてMIMOチャネルを構成し、送受信間で空間分割により複数のパスを介して多重通信を行う手法が提案されている。受信側では各受信アンテナの信号から複数のパスの伝搬係数の逆関数を推定し、等化することで各送信アンテナからの送信信号を分離して復元することで、送信アンテナの数だけチャネルを増加させることができる。

【0004】

このようにマルチパスに強いOFDMと周波数利用効率を向上させるMIMOを組み合わせたMIMO-OFDM方式が従来から提案されている。

【0005】

図2は、特許文献1で開示されている従来のMIMO-OFDM伝送装置の構成を示す図である。ここでは送信アンテナ数2、受信アンテナ数2の2×2MIMO-OFDMの場合の例を示している。

【0006】

送信アンテナTX1で送信するデータ系列1はデータ変調部202でOFDM変調される。プリアンプ発生部201は同期用プリアンプSsyncと伝搬係数推定用プリアンプSrefを発生する。マルチプレクサ204でOFDM変調されたデータシンボル列1とプリアンプを時分割多重し、伝送フレーム1を生成する。伝送フレーム1はローカル発振器208と直交変調部206でRF信号に変換され送信アンテナTX1から送信される。

【0007】

送信アンテナTX2での送信も同様に、データ系列2をデータ変調部203でOFDM変調し、マルチプレクサ205で伝送フレーム2を生成し、直交変調部207でRF信号に変換し、送信アンテナTX2から送信する。

【0008】

図3は、従来の装置で用いられる伝送フレームの例を示す図である。各データシンボル列の前には、同期用プリアンプSsyncと伝搬係数推定用プリアンプSrefが挿入される。これらの伝送フレームが複数のアンテナから同時に送信される。

【0009】

複数のアンテナから送信された信号は、異なるパスを介して複数の受信アンテナに到達する。ここで各送信アンテナと各受信アンテナ間の伝搬係数を $h(i, j)$ とする。 i は送信アンテナ番号、 j は受信アンテナ番号である。2×2MIMOの場合は、パスは $h(1, 1)$ 、 $h(1, 2)$ 、 $h(2, 1)$ 、 $h(2, 2)$ の4つとなる。送信信号を T_i 、受信信号を R_j とすると、

$$R_1 = h(1, 1) T_1 + h(2, 1) T_2$$

$$R2 = h(1, 2)T1 + h(2, 2)T2$$
となる。ここで $h(i, j)$ が互いに無相関である場合、 $h(i, j)$ の逆関数を求めることで受信信号から多重された送信信号を分離することが可能となる。

【0010】

受信側では、受信アンテナRX1で受信した信号はローカル発振器209と直交復調部210で後段の処理に最適な周波数帯域に変換される。周波数誤差推定部212は同期用プリアンプSyncに基づいて周波数誤差1を推定する。受信アンテナRX2でも同様に、受信信号を直交復調部211で周波数変換後、周波数誤差推定部213で周波数誤差2を推定する。それぞれの受信アンテナの周波数誤差は平均部214で平均化される。受信アンテナRX1の受信信号は周波数補正部215で、受信アンテナRX2の受信信号は周波数補正部216で、平均化された周波数誤差に基づいてそれぞれ周波数が補正され、伝搬逆関数推定部217に入力される。伝搬逆関数推定部217はこれらの複数の受信信号の伝搬係数推定用プリアンプSrefから複数のパスの伝搬係数の逆関数を求め、送信信号を分離する。分離された信号はそれぞれデータ復調部218、219でOFDM復調され、受信データ列1、2を出力する。

【特許文献1】特開2003-60604号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

しかしながら、前記従来の構成では、複数の送信アンテナから同時に送信される同一の同期シンボルから周波数誤差を推定するため、受信アンテナ毎の周波数誤差は推定できるが、伝送パス $h(i, j)$ 毎の周波数誤差は求めることができない。 $h(i, j)$ は互いに無相関であり、マルチパスフェージングにより異なるドップラー周波数偏移が存在しうるので、各伝送パスごとの周波数誤差は異なる。このため空間多重により、各伝送パスごとの周波数誤差が足し合わされてしまい、伝搬係数逆関数の推定および等化の精度が下がり、特性が劣化するという課題があった。

【0012】

そこで本発明は、前記従来の課題を鑑み、伝送パス毎に異なる周波数誤差が存在する場合でも伝搬係数逆関数の推定精度を向上させ、特性劣化を抑えることができる周波数誤差補正方法およびその送受信装置を提供するものである。

【課題を解決するための手段】

【0013】

前記従来の課題を解決するために、本発明にかかる周波数誤差補正方法は、複数の送信アンテナと複数の受信アンテナを用いて複数の空間パスを介して多入力多出力伝送を行うMIMOチャネル伝送の周波数誤差補正方法であって、互いに直交する複数のサブキャリアからなるシンボルのうち、所定周波数間隔の複数のサブキャリアに所定の振幅と位相を割り当てたシンボルを同期シンボルとし、前記同期シンボルの複数のサブキャリアをN個の互いに異なる所定のサブキャリア群に分割し、前記サブキャリア群からなるN個のシンボルを同期サブシンボルとし、N個の送信アンテナから同時に送信するとき、送信アンテナ n (n は1以上N以下の整数)から前記同期サブシンボル n を送信するステップと、受信アンテナ m (m は1以上M以下の整数)で受信した信号とN個の前記同期サブシンボルとの相関をそれぞれ求めるステップと、前記N個の相関を重み付け平均して受信アンテナ m の搬送波周波数誤差を推定するステップと、前記受信アンテナ m の搬送波周波数誤差に基づいて、受信アンテナ m で受信した信号の周波数誤差を補正するステップとを少なくとも含むことを特徴とする。

【0014】

また本発明にかかる送受信装置は、複数の送信アンテナと複数の受信アンテナを用いて複数の空間パスを介して多入力多出力伝送を行うMIMOチャネル伝送の送受信装置であって、それぞれ異なるデータ系列を変調するN個のデータ変調手段と、N個の互いに異なる所定サブキャリア群からなる同期サブシンボルを発生する同期シンボル発生手段と、前

記データ変調手段の出力と前記同期シンボル発生手段の出力を多重化するN個の多重化手段と、送信用局部発振手段と、前記各多重化手段の出力を前記送信用局部発振手段の出力に基づいて周波数変換するN個の送信用周波数変換手段と、前記各周波数変換手段の出力を送信するN個の送信アンテナとを含む送信装置と、M個の受信アンテナと、受信信用局部発振手段と、前記各受信アンテナで受信した信号を前記受信信用局部発振手段の出力に基づいて周波数変換するM個の受信信用周波数変換手段と、前記各受信信用周波数変換手段の出力と前記N個の同期サブシンボルとの相関をそれぞれ求める複数の相関手段と、前記各受信信用周波数変換手段の出力ごとに前記N個の相関手段の出力を重み付け平均するM個の平均化手段と、前記各平均化手段の出力に基づいて、前記各受信信用周波数変換手段の出力の周波数を補正するM個の周波数補正手段と、前記各周波数補正手段の出力に基づいて、伝搬係数の逆関数を推定し、前記各送信アンテナの送信信号を分離する伝搬逆関数推定手段と、前記伝搬逆関数推定手段の出力に基づいて、前記各送信アンテナから送信されたそれぞれ異なるデータ系列を復調するN個のデータ復調手段とを含む受信装置であって、前記送信装置は、互いに直交する複数のサブキャリアからなるシンボルのうち所定周波数間隔の複数のサブキャリアに所定の振幅と位相を割り当てたシンボルを同期シンボルとし、前記同期シンボルの複数のサブキャリアをN個の互いに異なる所定のサブキャリア群に分割し、前記サブキャリア群からなるN個のシンボルを前記同期サブシンボルとして、前記各送信アンテナから異なる前記各同期シンボルを同時に送信し、前記受信装置は、同時に送信された前記各同期シンボルを前記各受信アンテナで受信し、前記各受信アンテナで受信した信号と前記N個の同期シンボルとのそれぞれの相関を求めて前記各空間パス毎の搬送波周波数誤差を推定し、重み付け平均して前記各受信アンテナの搬送波周波数誤差を補正することを特徴とする。

【発明の効果】

【0015】

本発明の周波数誤差補正方法および送受信装置によれば、送信アンテナ毎に異なる同期サブシンボルを送信し、各受信アンテナ毎にそれぞれの同期サブシンボルとの相関を求めることで、伝送パス毎に異なる周波数誤差が存在する場合でもそれぞれの周波数誤差を推定することができ、伝搬係数逆関数の推定精度を向上させ、特性劣化を抑えることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

以下本発明の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。

【0017】

(実施の形態1)

図4は、本発明の実施の形態1における送受信装置の構成を示すブロック図である。ここでは、送信アンテナ数 $N=2$ 、受信アンテナ数 $M=2$ の場合の 2×2 MIMO送受信装置の例を示す。図4において401、405は同期サブシンボル発生部、402、404はデータ変調部、403は伝搬係数推定用シンボル発生部、406、407はマルチプレクサ、408、409は直交変調部、409は送信用局部発振器、TX1、TX2は送信アンテナ、RX1、RX2は受信アンテナ、411、413は直交復調部、412は受信信用局部発振器、414～417は同期サブシンボル相関部、418、419は重み付け平均部、420、421は周波数補正部、422は伝搬係数逆関数推定部、423、424はデータ復調部である。

【0018】

図1は、本発明の実施の形態1における伝送フレームの一例を示す図である。送信側は図1に示すような伝送フレームを送信する。送信アンテナTX1、TX2からは異なるデータ系列を同時に送信するため、データ変調部1(402)ではTX1から送信するデータ系列を変調し、データシンボル列1(105)を発生する。同様にデータ変調部2(404)ではTX2から送信するデータ系列を変調し、データシンボル列2(106)を発生

生ずる。

【0019】

伝搬係数推定用シンボル発生部(403)では空間多重された送信信号を分離するために伝搬係数の逆関数を推定するための所定の参照シンボル S_{ref} を発生する。 S_{ref} は各伝送パスの伝搬係数 $h(i, j)$ を推定するために送信アンテナ間で互いに直交するようなシンボルを用いればよい。例えばTX1から送信するシンボルを S_{ref1} (104)、TX2から送信するシンボルを S_{ref2} (105) とすると、時間的に直交させるためには、 S_{ref1} としてある時刻T1ではTX1から S_{ref} を送信し、TX2からは何も送信せず、 S_{ref2} として別の時刻T2でTX2から S_{ref} を送信し、TX1からは何も送信しないようにしても良い。これにより受信側では時刻T1ではTX1からの伝送パス $h(1, 1)$ と $h(1, 2)$ が推定でき、時刻T2ではTX2からの伝送パス $h(2, 1)$ と $h(2, 2)$ を推定することができる。

【0020】

同期サブシンボル発生部401、405では送信アンテナ毎に異なる同期サブシンボル S_{tx1} 、 S_{tx2} をそれぞれ発生する。

【0021】

同期サブシンボルは同期シンボル101を構成する複数のサブキャリアのうち所定のサブキャリアを抜き出して構成したものである。

【0022】

同期シンボル101は所定の周波数間隔の複数のサブキャリアからなり、各サブキャリアは所定の振幅と位相を割り当てる。これらのサブキャリアをフーリエ変換などで直交多重し、時間軸信号に変換する。時間軸信号に変換された同期シンボルには、前記所定の周波数間隔の逆数の時間周期で繰り返し波形が現れる。受信側ではこの繰り返し波形を元に搬送波周波数誤差を推定することができる。この同期シンボルを構成する複数のサブキャリアを送信アンテナ数N個の組に分割する。たとえば図1に示すようにTX1から送信するシンボルにはこれらのサブキャリアのうち、偶数番のサブキャリアを、TX2から送信するシンボルには奇数番のサブキャリアを割当て、それぞれ S_{tx1} (102)、 S_{tx2} (103) とする。 S_{tx1} 、 S_{tx2} をそれぞれフーリエ変換などで直交多重し、時間軸信号に変換したものを同期サブシンボルとする。同期サブシンボル同士は互いにサブキャリア配置が異なり周波数領域で直交するため、空間で多重されても容易に分離することが可能となる。また同期サブシンボルにも前記所定の周波数間隔の逆数の時間周期で繰り返し波形が現れるため、これを元に搬送波周波数誤差を推定することができる。

【0023】

なお図1に示した伝送フレームでは同期サブシンボルおよび伝搬係数推定用シンボルをデータシンボル列の前に挿入しているが、同期サブシンボルと伝搬係数推定用シンボルのいずれかまたは両方をデータシンボル列中に所定間隔で挿入してもよい。図12は、同期サブシンボルと伝搬係数推定用シンボルの両方をデータシンボル列中に挿入した伝送フレームの一例を示す図である。これにより伝搬特性に時間変動が生じるような場合でも前記所定間隔で挿入されたこれらのシンボルで伝搬特性を推定しなおすことで時間変動に追従でき、受信特性の劣化を抑えることができる。

【0024】

このようにして発生した送信アンテナ毎の同期サブシンボル、伝搬係数推定用シンボル、データシンボル列をマルチプレクサ406、408で多重化して伝送フレームを構成し、直交変調部408、410と送信用局部発振器409で無線周波数に変換し、アンテナTX1、TX2から同時に送信する。

【0025】

なお図4では共通の送信用局部発振器409を用いているが送信アンテナ毎に異なる局部発振器を用いてもよい。局部発振器を複数にすることにより、送信アンテナの配置により自由度を持たせることができるため、互いに離れた場所に設置したアンテナからの同時送信が可能となる。このため、伝送パス間の相関をより小さくすることができ、効果的に

空間多重が行える。さらに1つの局部発振器を用いて複数のアンテナから送信するMIMO用の高周波部品だけでなく、従来の高周波部品を使用することもできる。

【0026】

送信アンテナTX1, TX2から同時に送信された伝送フレームは複数の空間パスを介して受信アンテナRX1, RX2で受信される。RX1, RX2で受信された信号は直交復調部411, 413と受信用局部発振器412で後段の信号処理に適した周波数帯に変換される。

【0027】

なお図4では共通の受信用局部発振器412を用いているが受信アンテナ毎に異なる局部発振器を用いてもよい。局部発振器を複数にすることにより、受信アンテナの配置により自由度を持たせることができるため、互いに離れた場所に設置したアンテナからの同時受信が可能となる。このため、伝送パス間の相関をより小さくすることができ、効果的に空間多重が行える。さらに1つの局部発振器を用いて複数のアンテナから受信するMIMO用の高周波部品だけでなく、従来の高周波部品を使用することもできる。

【0028】

直交復調部411, 413で周波数変換された受信信号のそれぞれに対して同期サブシンボルとの相関から各伝送パスごとの周波数誤差を推定する。

【0029】

受信アンテナRX1で受信される信号は、送信アンテナTX1からの伝送パス $h(1, 1)$ と送信アンテナTX2からの伝送パス $h(2, 1)$ が合成された信号となる。TX1からは同期サブシンボル S_{tx1} , TX2からは同期サブシンボル S_{tx2} が送信されているのでRX1での受信信号は $h(1, 1)S_{tx1} + h(2, 1)S_{tx2}$ となる。 S_{tx1} と S_{tx2} は互いに直交しているので、この受信信号と S_{tx1} の相関を求めると、 S_{tx2} の項が0となり、 $h(1, 1)$ つまりTX1からRX1への伝送パスの情報が推定できる。同様に個の受信信号と S_{tx2} の相関を求めると S_{tx1} の項が0となり、 $h(2, 1)$ つまりTX2からRX1への伝送パスの情報が推定できる。

【0030】

同期サブシンボル相関部414~417では各受信アンテナでの受信信号と各同期サブシンボルの相関を求める。同期サブシンボルは上述したように所定の周期の繰り返し波形からなるのでこの波形と受信信号の複素相関を演算する。図5は、同期サブシンボル相関部の動作説明図である。図5に示すように受信信号とこの波形が一致するタイミングで複素相関値のピークが現れ、伝送パスに応じた送受間の位相差、振幅差が検出できる。搬送波周波数誤差が生じるとこの相関ピークタイミングごとに複素相関値の位相が変化するため、この変動量から各伝送パス毎の搬送波周波数誤差を推定できる。

【0031】

相関演算は所定の各同期サブシンボル内の繰り返し波形と受信信号の相互相関演算で求めることができる。あるいは一周波数DFTを用いて各同期サブシンボルを構成するサブキャリアのうちのいくつかを抽出し、抽出したサブキャリアの位相変化の平均を求めても良い。送信側から各同期サブシンボルを複数繰り返して送信し、受信側ではまず各同期サブシンボル内の繰り返し波形の相関を求める。この相関ピークが所定間隔で所定回数検出できれば以降の同期サブシンボル列に対して同期サブシンボル長の相関を求めてよい。このように相関演算期間を長くすることでより精密な送受間位相差を検出することが可能となる。

【0032】

同期サブシンボル相関部414~417で得られた各伝送パス毎の搬送波周波数誤差は重み付け平均部418, 419で平均化し、各受信アンテナでの受信信号の周波数補正値を求める。重み付けは各同期サブシンボルの相関量に比例した重み付けを行えばよい。あるいは後段のデータ復調部423, 424で送信アンテナ毎の受信誤り率を求め、それに基づいて誤りの多い、つまり伝搬路が劣悪な伝送パスを介して受信される系列については重み付けを小さくしてもよい。

【0033】

なお同期サブシンボルが図12に示すように伝送フレーム中に所定間隔で挿入されている場合は、過去に推定された搬送波周波数誤差と現在の同期サブシンボルで推定された搬送波周波数誤差を平均化してもよい。雑音などによる推定誤差で周波数補正值が大きく変動することを抑えつつ搬送波周波数誤差の時間変動に追従することができるため、より推定精度を向上することができる。

【0034】

重み付け平均部418、419で求められた各受信アンテナでの周波数補正值に基づいて周波数補正部420、421で受信信号の周波数を補正する。伝搬係数逆関数推定部422は周波数補正された受信信号から伝搬係数推定用シンボル S_{ref} を抽出し、各伝送パスの伝搬係数逆関数を推定して干渉成分をキャンセルする等化を行い、各送信アンテナから送信されたデータシンボル列を分離する。分離されたデータシンボル列はデータ復調部423、424でそれぞれデータ復調され送信データが再生される。

【0035】

なお同期サブシンボル相関部414～417で得られた相関ピークタイミングから各伝送パスでの伝搬遅延を検出することができ、粗いフレーム同期を確立することができる。これらの相関ピークタイミングも相関量に応じて重み付け平均したものに基づいてシンボルタイミングを発生することで、伝搬係数逆関数推定部で S_{ref} を抽出する場合にシンボル間干渉を抑圧することができる。

【0036】

かかる構成によれば互いに直交する複数の同期サブシンボルを複数送信アンテナから同時に送信し、受信側で各同期サブシンボルの相関を求めることで各伝送パスの搬送波周波数誤差および伝搬遅延を推定することができ、これらを重み付け平均して誤差を補正することで伝搬係数逆関数推定の精度を向上することができる。

【0037】

(実施の形態2)

図6は、本発明の実施の形態2における受信装置の構成を示すブロック図である。図6において、図4と同じ構成要素については同じ符号を用い、説明を省略する。

【0038】

図6において、601、602は同期シンボル相関部、603は第2の重み付け平均部、604、605は第2の周波数補正部である。

【0039】

送信用局部発振器409と受信用局部発振器412の周波数誤差が大きな場合、同期サブシンボル相関部414～417で相関が正確に求められない可能性が生じる。特に相関演算に一周波数DFTなどを用いた場合は、フーリエ変換の周波数ビン間隔の $1/2$ 以上のずれが生じると当該サブキャリアの抽出が正確に行えなくなる。そこで図6の構成では実施の形態1の構成に加えて送受間の局部発振器の平均誤差をあらかじめ補正する。

【0040】

同期シンボル相関部601、602では、複数の同期サブシンボルの合成波形である同期シンボル S_{sync} (図1の101)の時間波形との相関を求める。 S_{sync} も上述のように所定の周期の繰り返し波形からなるので、実施の形態1で説明した同期サブシンボル相関部での処理と同様に受信信号と S_{sync} の繰り返し波形の相関を求めることで各受信アンテナでの平均の周波数誤差が求められる。

【0041】

なお図1の伝送フレームを使用する場合は、送信側からは同期サブシンボル S_{tx1} 、 S_{tx2} を同時に送信し、空間多重された信号を S_{sync} とみなして受信側で S_{sync} との相関を求めているが、図7のように各同期サブシンボルの前に S_{sync} を送信しても良い。同じ同期シンボルを複数のアンテナから送信することで、全ての所定サブキャリアが送信されるため、ある伝送パスの受信レベルが低い場合でも同期シンボルの相関を精度良く検出することができる。

【0042】

同期シンボル関連部601, 602で求められた各受信アンテナの平均周波数誤差は第2の重み付け平均部603で重み付け平均し、受信信号の周波数補正值を求める。重み付けは各同期シンボルの相關量に比例した重み付けを行えばよい。あるいは各受信アンテナの受信信号レベルに比例した重み付けを行っても良い。このようにして平均化した周波数補正值は、送信用局部発振器409と受信信用局部発振器412の平均周波数誤差に対応する。

【0043】

第2の周波数補正部604, 605では、第2の重み付け平均部603で求められた周波数補正值に基づいて、それぞれの受信アンテナの受信信号を周波数補正し、後段の同期サブシンボル相關演算で各伝送パスの周波数誤差を推定する。

【0044】

かかる構成によれば、各受信アンテナによる受信信号と、同期サブシンボルの合成波形である同期シンボルとの相關演算から、各受信アンテナの平均の周波数誤差を推定することで、送受間の局部発振器の周波数誤差をキャンセルすることができ、後段の同期サブシンボル相關演算をより正確に行うことができる。

【0045】

(実施の形態3)

図8は、本発明の実施の形態3における送受信装置の構成を示すブロック図である。図8において、図4と同じ構成要素については同じ符号を用い、説明を省略する。なお図4における周波数誤差推定に関する構成要素については省略している。

【0046】

図8において、801~804は各伝送パスの伝搬係数 $h(i, j)$ の粗推定部である(図8では $h(i, j)$ を h_{ij} と記述している)。上述したように同期サブシンボル相關部414~417では各伝送パスごとの情報を求めることができる。同期サブシンボル相關部で各同期サブシンボルを構成するサブキャリアのそれぞれを一周波数DFTなどで抽出した場合、各サブキャリアの位相と振幅が求められる。

【0047】

図9は、RX1で受信した信号を同期サブシンボル相關部414, 415で S_{tx1} , S_{tx2} のサブキャリアを抽出した例を示す図である。図9の(a)の細い矢印は各送信アンテナから送信されたOFDMデータシンボル列の各サブキャリアが空間多重されたものを示している。同期サブシンボル相關部414は S_{tx1} を構成するサブキャリアのみを抽出し、それぞれの位相と振幅を求める(図9(b))。ここで図9(b)の点線で示すようにこれらのサブキャリアの位相・振幅を元に隣接サブキャリア間の位相・振幅特性を補間してやれば伝送パス $h(1, 1)$ の粗い周波数特性を推定することができる。

【0048】

S_{tx2} についても同様に処理することで図9(c)の様に伝送パス $h(2, 1)$ の粗い周波数特性を推定することができる。

【0049】

図9(a)のデータキャリアはこれら2つの伝送パス $h(1, 1)$ と $h(2, 1)$ の特性が合成されたものが受信される。よって同期サブシンボルであらかじめ各伝送パスの粗い周波数特性を求め、これに基づいて伝搬逆関数推定部422は伝搬係数推定用シンボル S_{ref} を用いてより精密な伝搬係数を推定する。

【0050】

かかる構成によれば、同期サブシンボルを用いてあらかじめ各伝送パスの粗い周波数特性を推定することができ、後段の伝搬係数逆関数の推定精度を向上させることができる。

【0051】

なお本実施の形態は上述した実施の形態1または2と組み合わせることができることはいうまでもない。

【0052】

(実施の形態 4)

図 10 は、本発明の実施の形態 4 における受信装置の構成を示すブロック図である。図 10 において、図 4 と同じ構成要素については同じ符号を用い、説明を省略する。

【0053】

図 10 において、RX1-1、RX1-2、RX2-1、RX2-2 は受信アンテナ、1001、1002 は受信レベル判定部、1003、1004 は選択合成部である。

【0054】

周波数選択性フェージング環境下では特定のサブキャリアの受信レベルが落ち込み、同期サブシンボル関連部 414 ~ 417 で相関が正確に求められない可能性が生じる。特にサブキャリア本数が少ない同期サブシンボルの場合は、あるサブキャリアの受信レベルが落ち込んだ場合その影響は大きくなる。

【0055】

よって本実施形態では各受信系統にさらに複数のアンテナを設け、受信ダイバーシチにより周波数選択性フェージングの影響を軽減させる。

【0056】

RX1-1、RX1-2 は受信系統 1 に設けられた複数のアンテナである。これら複数のアンテナからの受信信号は受信レベル判定部 1001 に入力し、受信レベルの比較を行う。この受信レベル判定部 1001 の出力を元に選択合成部 1003 は受信信号を選択または合成する。たとえば RX1-1 の受信レベルの方が RX1-2 の受信レベルより大きな場合は RX1-1 の受信信号を選択しても良い。あるいは RX1-1 の受信レベルと RX1-2 の受信レベルの比に基づいてこれらの受信信号を合成してもよい。また同期サブシンボル関連部 414、415 の出力結果から各同期サブシンボルの各サブキャリアが所定レベル以下にならない方の受信アンテナを選択するようにしても良い。

【0057】

受信系統 2 の方も同様に複数アンテナから受信信号を選択または合成する。

【0058】

なお、受信系統毎に複数のアンテナを用いるのではなく、図 11 に示すように受信系統数 M より多い受信アンテナを用い、各受信アンテナでの受信レベルを比較して選択または合成することにより M 個の受信信号を取り出してもよい。

【0059】

かかる構成によれば、周波数選択性フェージング環境下で特定のサブキャリア受信レベルが落ち込むような場合でも、複数受信アンテナの選択または合成による受信ダイバーシチ効果で、同期サブシンボルの相関を正確に求めることができ、各伝送パスごとの搬送波周波数誤差を補正することで後段の伝搬係数逆関数の推定精度を向上させることができる。

。

【0060】

なお本実施の形態は上述した実施の形態 1、2 または 3 と組み合わせることができる。とはいうまでもない。

【産業上の利用可能性】**【0061】**

本発明にかかる周波数誤差補正方法および送受信装置は、伝送パス毎の搬送波周波数誤差を推定し、補正することができるため伝搬逆関数推定精度を向上することができ、MIMO 伝送方式を用いた無線送受信装置等に用いるものとして有用である。

【図面の簡単な説明】**【0062】**

【図 1】 本発明の実施の形態 1 における伝送フレームの一例を示す図

【図 2】 従来の MIMO-OFDM 伝送装置の構成を示すブロック図

【図 3】 従来の MIMO-OFDM 伝送で用いる伝送フレームを示す図

【図 4】 本発明の実施の形態 1 における送受信装置の構成を示すブロック図

【図 5】 同期サブシンボル関連部の動作説明図

- 【図 6】 本発明の実施の形態 2 における受信装置の構成を示すブロック図
- 【図 7】 本発明の実施の形態 2 における伝送フレームの一例を示す図
- 【図 8】 本発明の実施の形態 3 における送受信装置の構成を示すブロック図
- 【図 9】 伝搬係数粗推定部の動作説明図
- 【図 10】 本発明の実施の形態 4 における受信装置の構成を示すブロック図
- 【図 11】 本発明の実施の形態 4 における受信装置の構成の一例を示すブロック図
- 【図 12】 本発明の実施の形態 1 における伝送フレームの一例を示す図

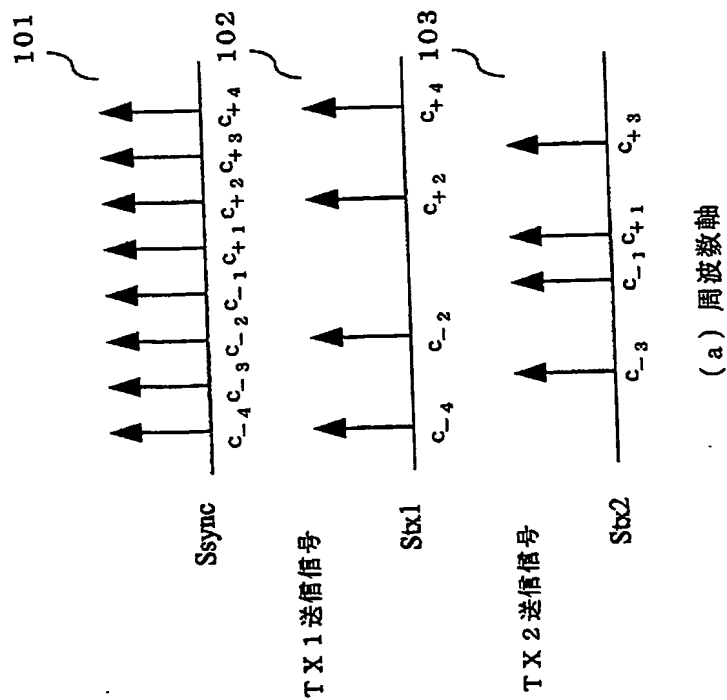
【符号の説明】

【0063】

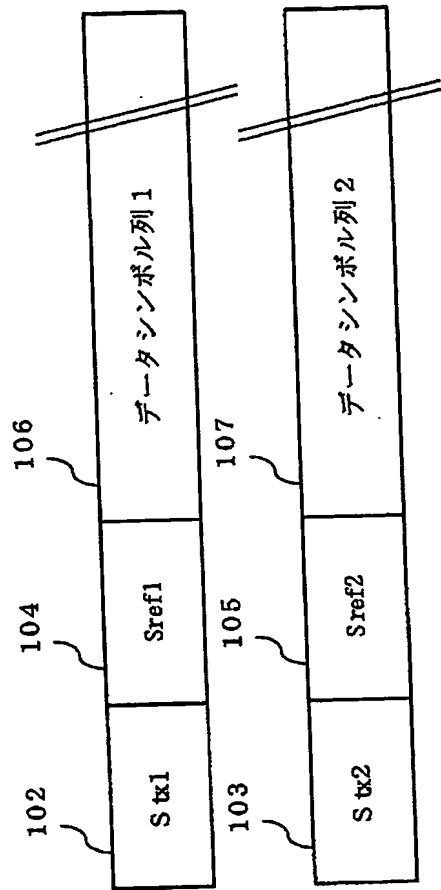
- 101 同期シンボル
- 102 送信アンテナ 1 で送信する同期シンボル 1
- 103 送信アンテナ 2 で送信する同期シンボル 2
- 104 送信アンテナ 1 で送信する伝搬係数推定用シンボル
- 105 送信アンテナ 2 で送信する伝搬係数推定用シンボル
- 106 送信アンテナ 1 で送信するデータシンボル列 1
- 107 送信アンテナ 2 で送信するデータシンボル列 2
- 201 プリアンブル発生部
- 202、203 データ変調部
- 204、205 マルチプレクサ
- 206、207 直交変調部
- 208、209 ローカル発振器
- 210、211 直交復調部
- 212、213 周波数誤差推定部
- 214 平均部
- 215、216 周波数補正部
- 217 伝搬逆関数推定部
- 218、219 データ復調部
- 401、405 同期シンボル発生部
- 402、404 データ変調部
- 403 伝搬係数推定用シンボル発生部
- 406、407 マルチプレクサ
- 408、409 直交変調部
- 409、412 ローカル発振器
- 411、413 直交復調部
- 414、415、416、417 同期サブシンボル相関部
- 418、419 重み付け平均部
- 420、421 周波数補正部
- 422 伝搬係数逆関数推定部
- 423、424 データ復調部
- 601、602 同期シンボル相関部
- 603 第 2 の重み付け平均部
- 604、605 第 2 の周波数補正部
- 801、802、803、804 伝搬係数粗推定部
- 1001、1002 受信レベル判定部
- 1003、1004 選択合成部

【書類名】 図面

【図 1】

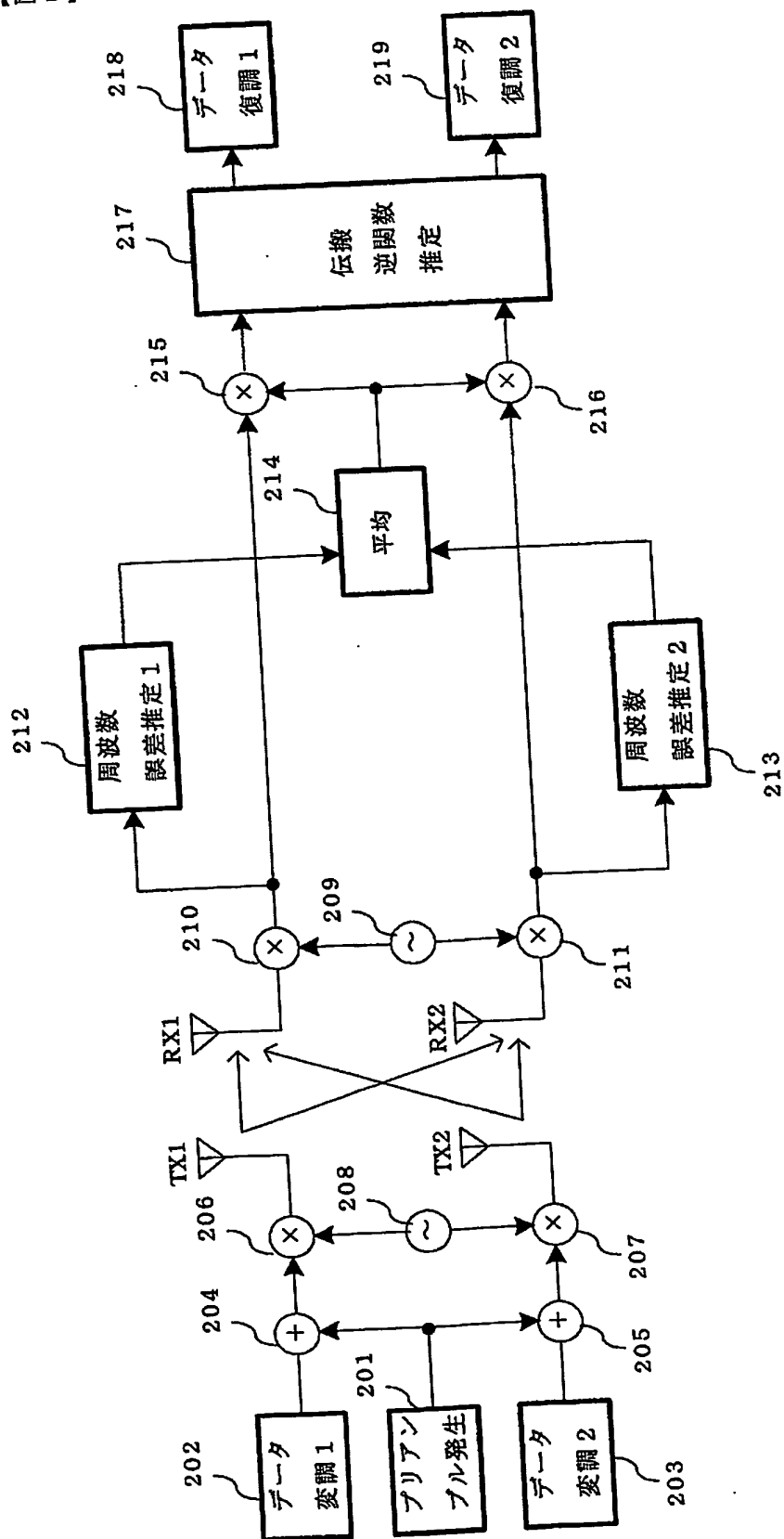


(a) 周波数軸

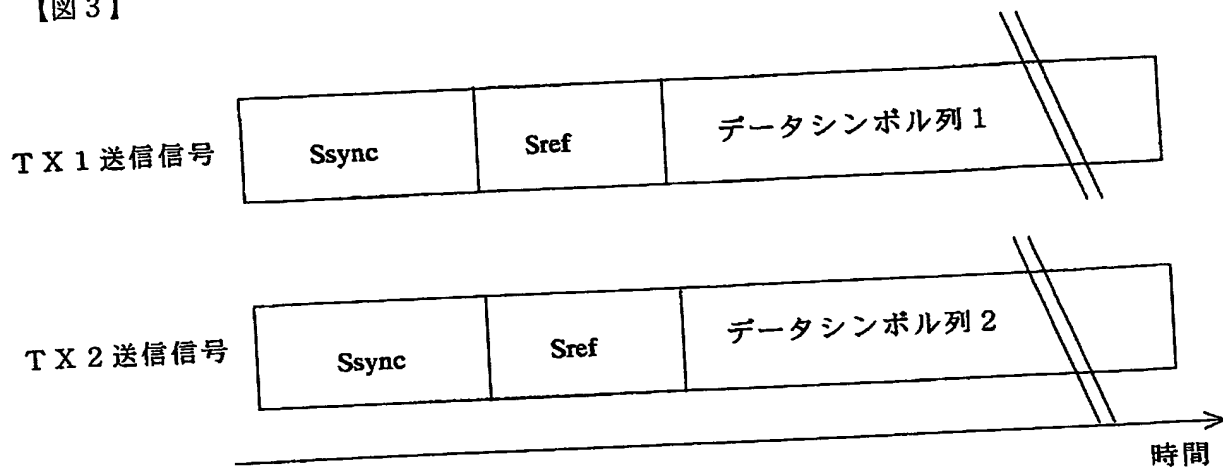


(b) 時間軸

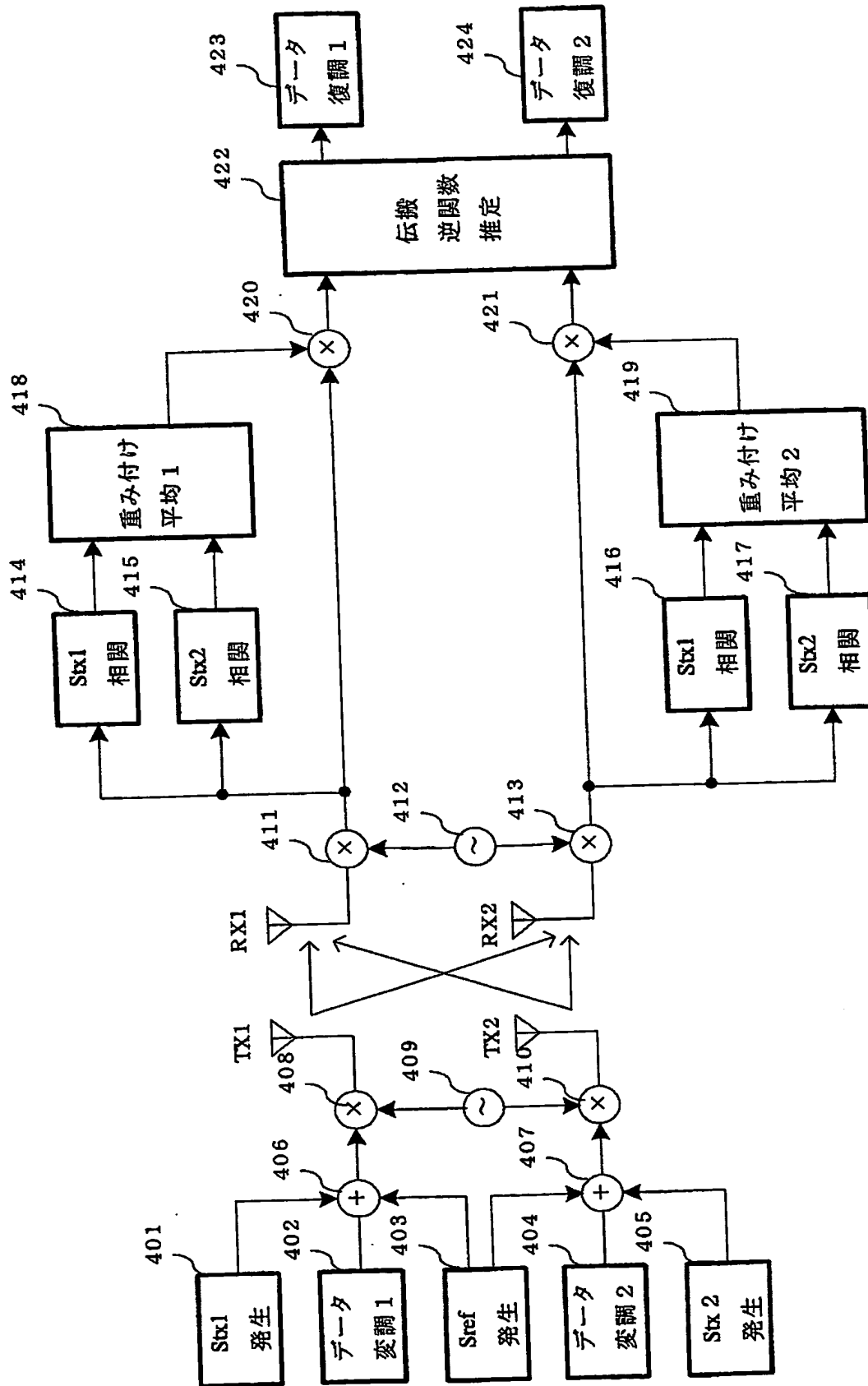
【図 2】



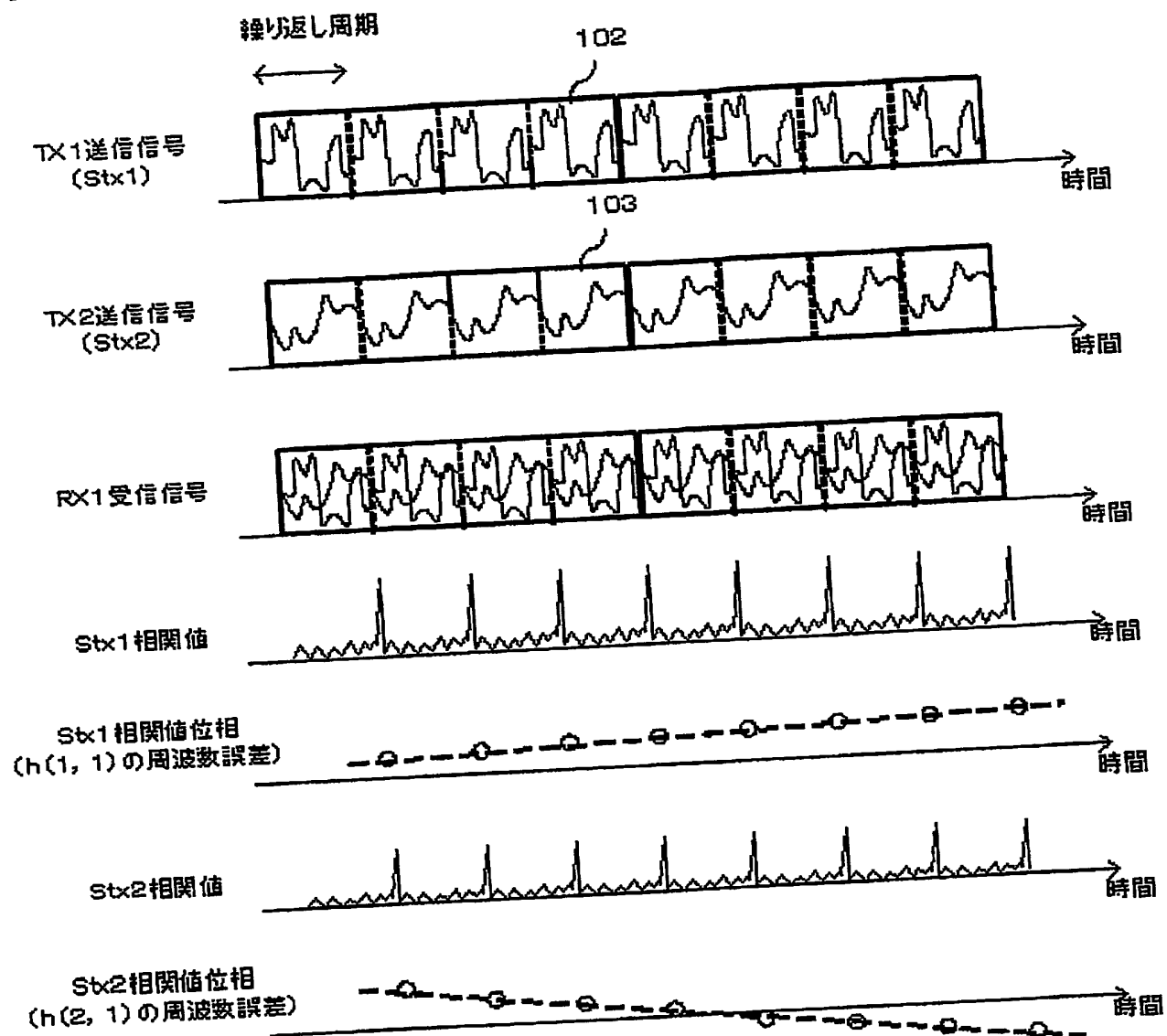
【図 3】



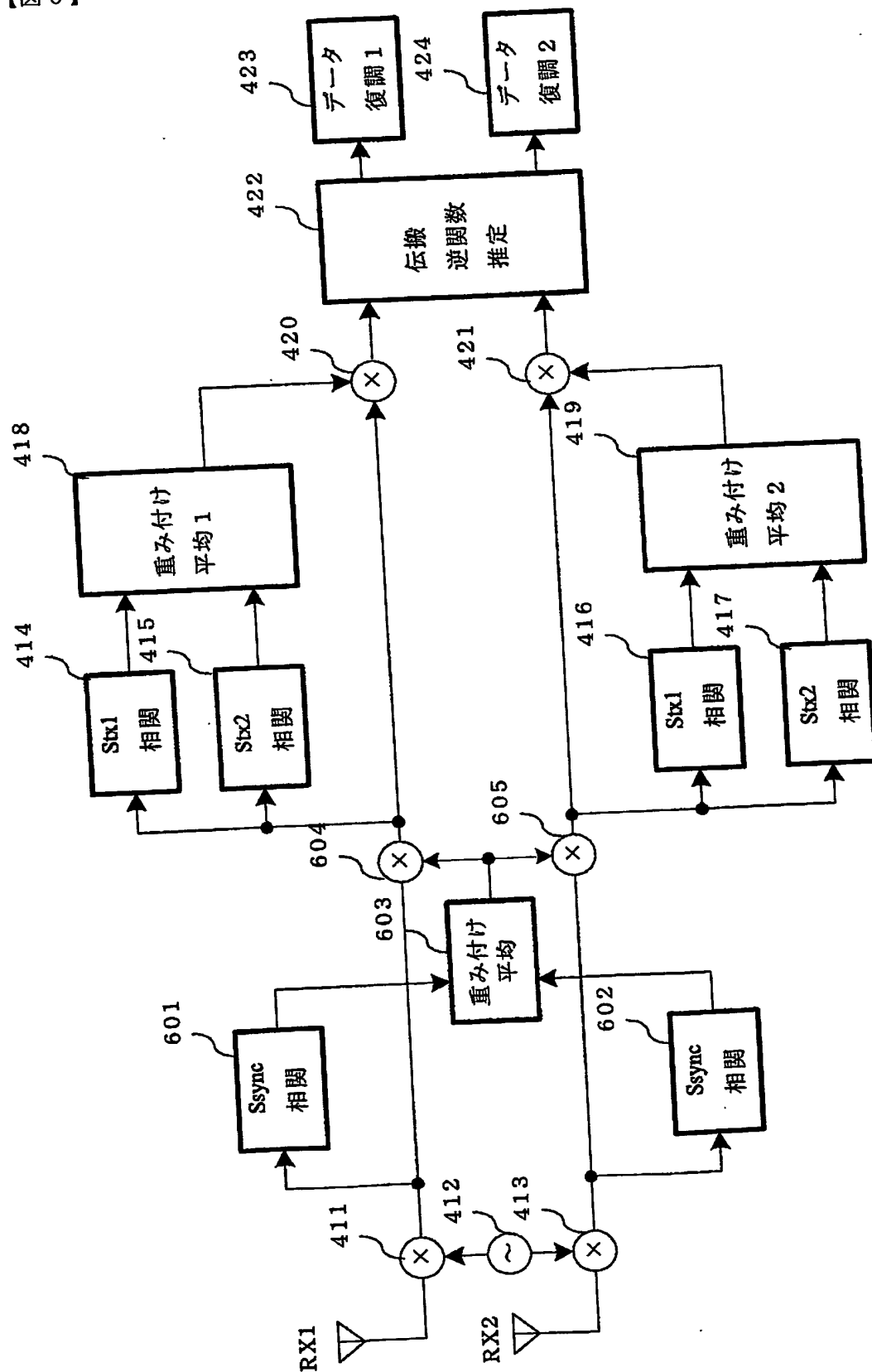
【図 4】



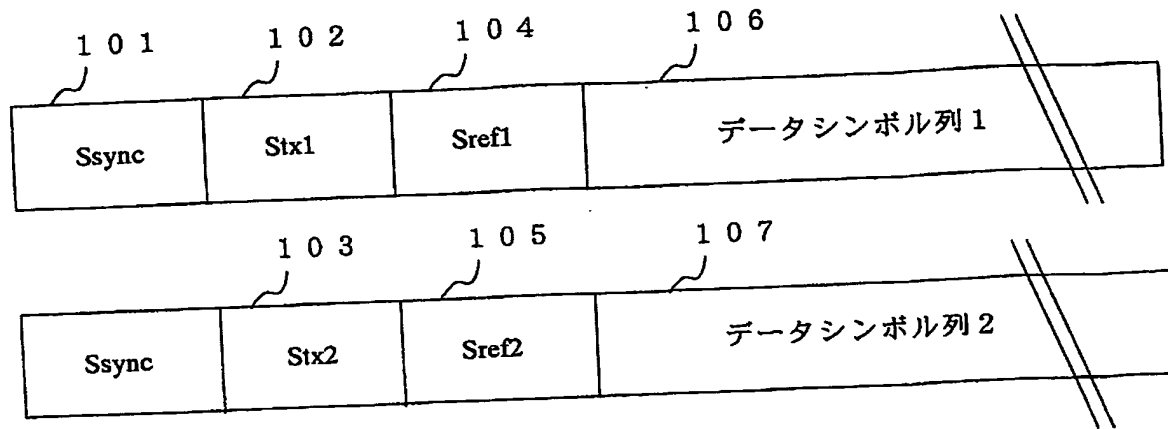
【図 5】



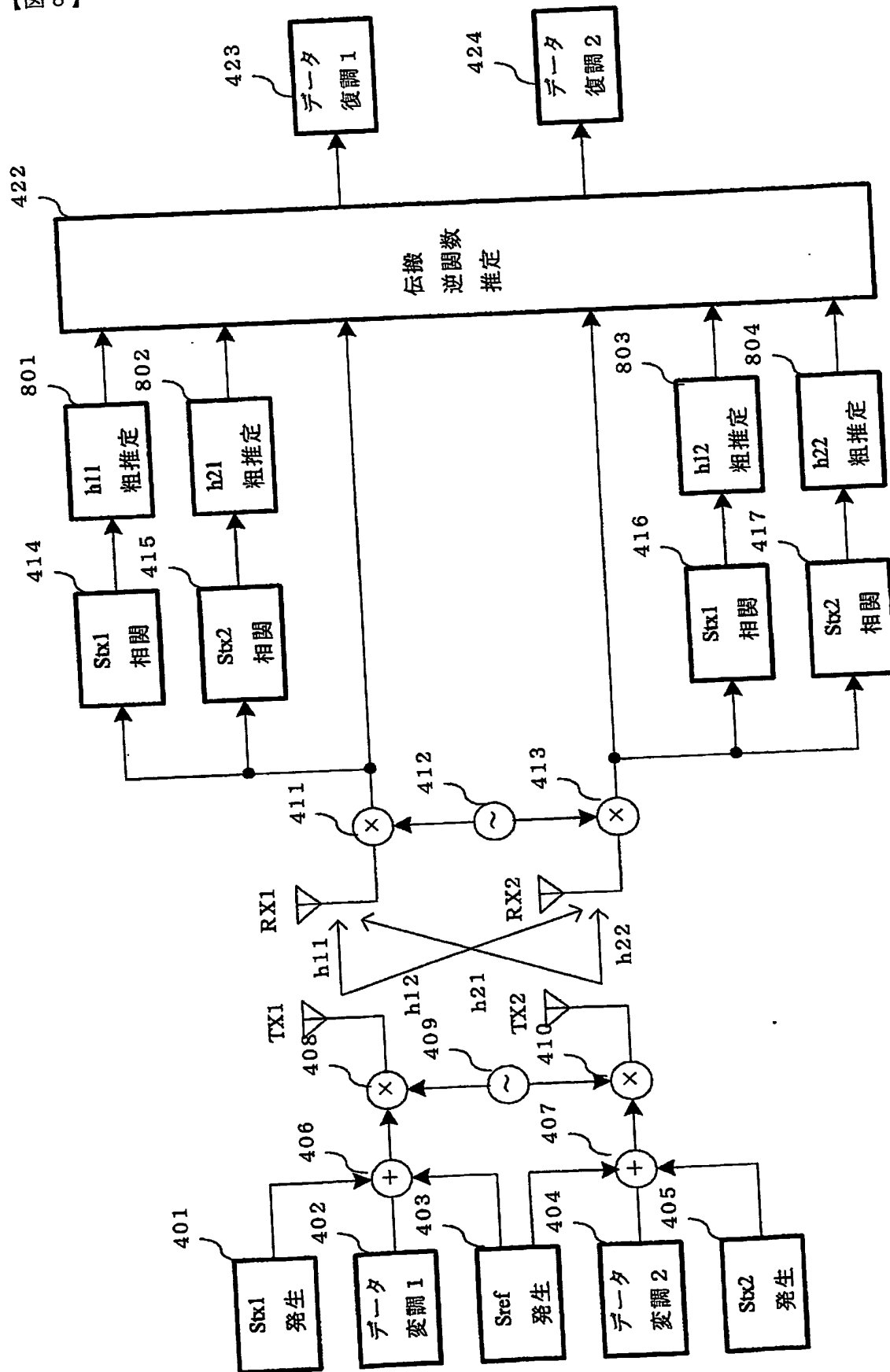
【図6】



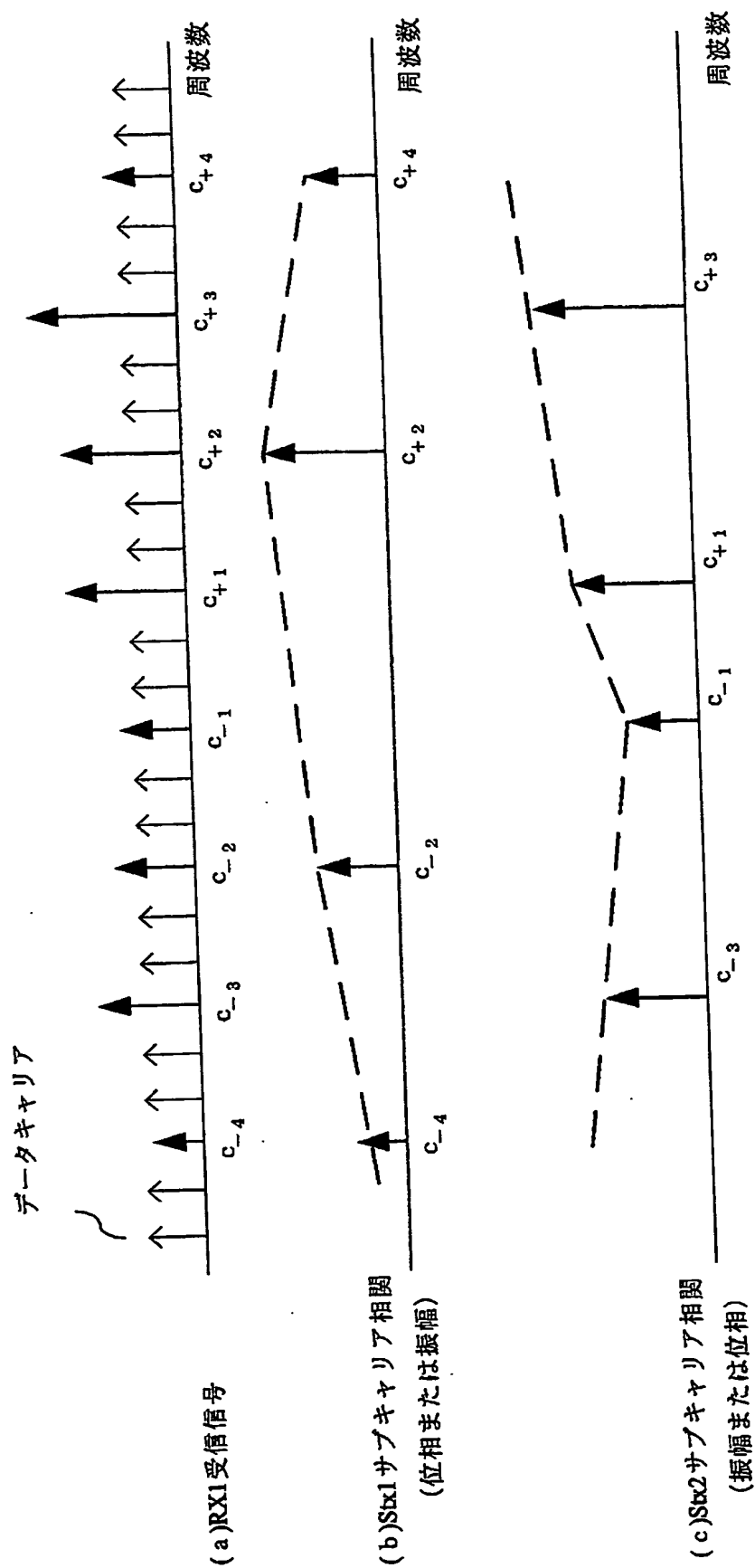
【図 7】



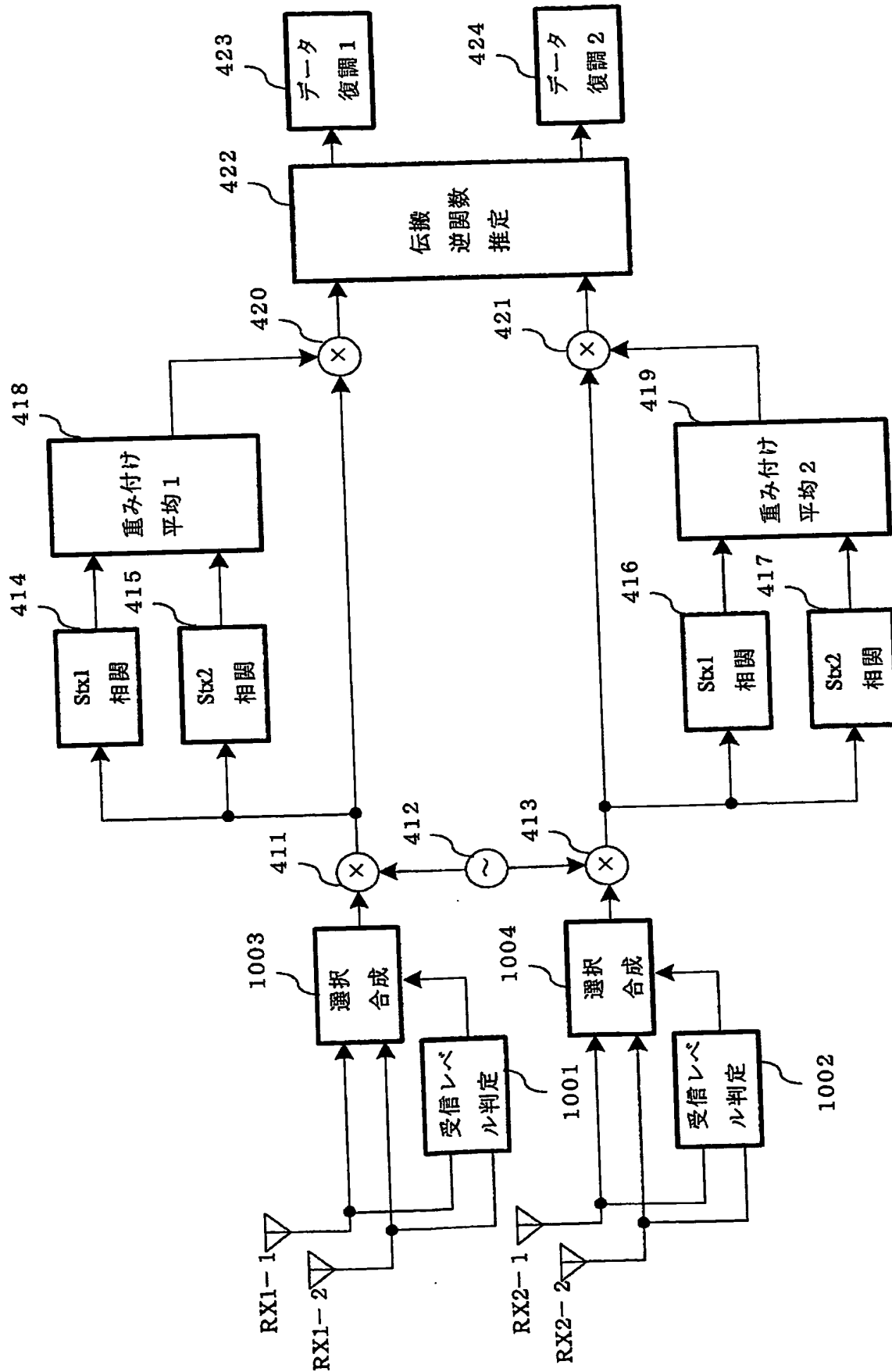
【図8】



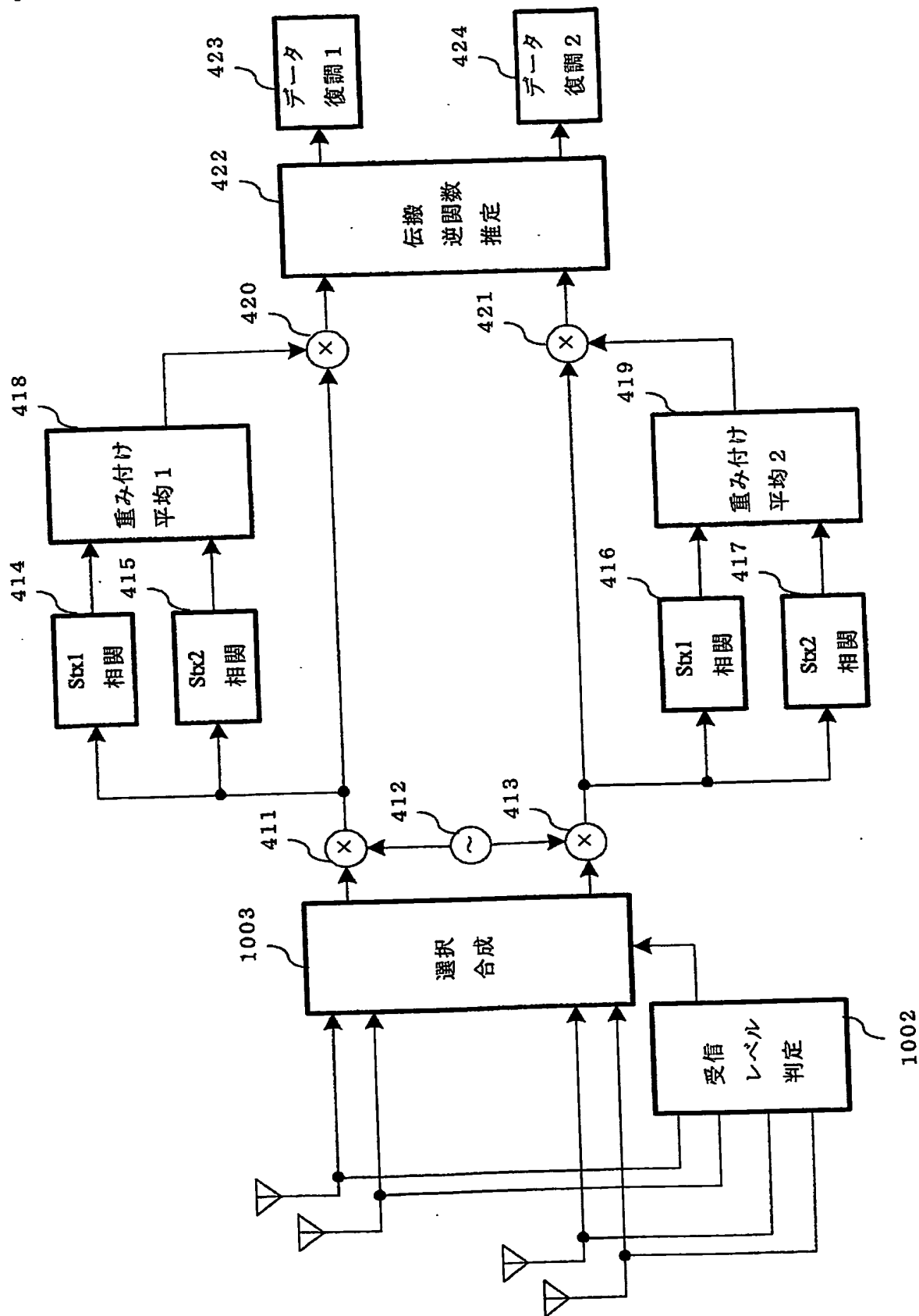
【図9】



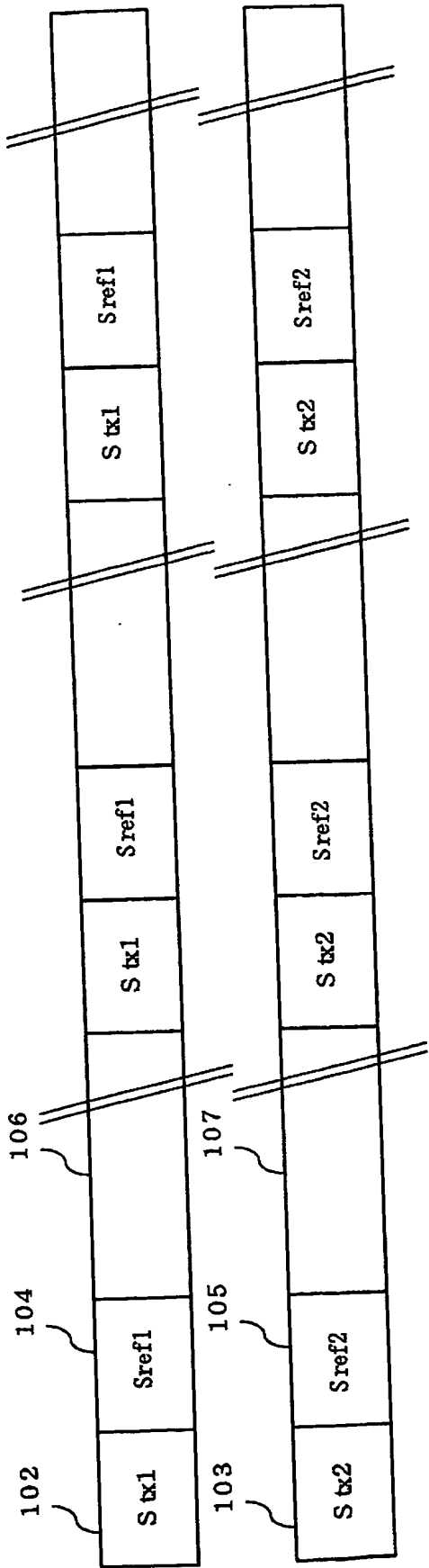
【図10】



【図11】



【図 12】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 MIMO-OFDM方式で信号を送信する装置において、送受信間の周波数誤差を補正し、伝搬係数逆関数の推定精度を向上させること。

【解決手段】 互いに直交する複数のサブキャリアからなるシンボルのうち、所定周波数間隔の複数のサブキャリアに所定の振幅と位相を割り当てたシンボルを同期シンボルとし、前記同期シンボルの複数のサブキャリアをN個の互いに異なる所定のサブキャリア群に分割し、前記サブキャリア群からなるN個のシンボルを同期サブシンボルとし、N個の送信アンテナから同時に送信するとき、送信アンテナnから前記同期サブシンボルnを送信するステップと、受信アンテナmで受信した信号とN個の前記同期サブシンボルとの相関をそれぞれ求めるステップと、前記N個の相関を重み付け平均して受信アンテナmの搬送波周波数誤差を推定するステップと、前記受信アンテナmの搬送波周波数誤差に基づいて、受信アンテナmで受信した信号の周波数誤差を補正するステップとを少なくとも含むことを特徴とする。

【選択図】 図1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 4 - 0 6 9 4 4 0
受付番号	5 0 4 0 0 4 0 4 4 9 9
書類名	特許願
担当官	第八担当上席 0 0 9 7
作成日	平成 1 6 年 3 月 1 2 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】 平成16年 3月11日

特願 2 0 0 4 - 0 6 9 4 4 0

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 5 8 2 1]

1 . 変更年月日
[変更理由]

1 9 9 0 年 8 月 2 8 日

新規登録

住 所
氏 名

大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地
松下電器産業株式会社

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP05/004110

International filing date: 09 March 2005 (09.03.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP
Number: 2004-069440
Filing date: 11 March 2004 (11.03.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 12 May 2005 (12.05.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☐ **FADED TEXT OR DRAWING**

☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.